

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-261327

(43)Date of publication of application : 13.09.2002

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 21/205
H01L 21/764
// C23C 16/34

(21)Application number : 2001-061174

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 06.03.2001

(72)Inventor : DOI MASATO

OKUYAMA HIROYUKI

BIWA TSUYOSHI

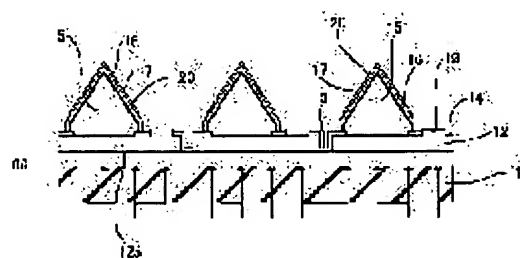
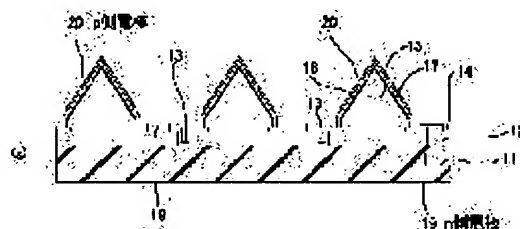
OHATA TOYOJI

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor light-emitting element in which elements can be separated with proper reproducibility, even if selection growth is realized and to provide the manufacturing method.

SOLUTION: In the semiconductor light-emitting element, a first growth layer 12 is formed on a growth substrate 11, a growth inhibition film 14 is formed on the first growth layer 12, and a second growth layer is formed by selection growth from an opening part made in the growth inhibiting film 14. An element separation groove for separating elements 13 is formed in the first growth layer 12, formed on the growth substrate 11. Selection growth is performed, after the element separation groove 13 has been formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 成長基板上に第 1 成長層を形成し、前記第 1 成長層上に成長阻害膜を形成し、前記成長阻害膜に設けられた開口部からの選択成長により第 2 成長層が形成され、前記第 2 成長層に第 1 導電層、発光層、及び第 2 導電層が積層して形成される半導体発光素子において、前記成長基板上に形成される前記第 1 成長層には素子間分離用の素子分離溝が形成され、該素子分離溝の形成後に前記選択成長が行われることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 前記素子分離溝は前記成長基板の主面に至る深さに形成されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 前記素子分離溝の側壁及び底部には成長阻害膜が形成されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 前記成長阻害膜はシリコン酸化膜、シリコン窒化膜またはこれらの組み合わせからなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 前記第 1 成長層及び前記第 2 成長層はウルツ鉱型化合物半導体層であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 前記ウルツ鉱型化合物半導体層は窒化ガリウム系化合物半導体層であることを特徴とする請求項 5 記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 前記選択成長によって前記開口部から角錐形状若しくは角錐の尖頭部を欠いた形状の第 2 成長層が形成されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 前記角錐形状の第 2 成長層は前記成長基板の主面に対して傾斜する傾斜面を有したファセット構造を有することを特徴とする請求項 7 記載の半導体発光素子。

【請求項 9】 前記傾斜面は S 面、{11-22} 面及びこれら各面に実質的に等価な面の中から選ばれる面を有することを特徴とする請求項 8 記載の半導体発光素子。

【請求項 10】 前記第 1 成長層は導電層であり、前記素子分離溝は前記導電層を分断するように形成されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 11】 前記第 1 成長層は半絶縁層上に導電層が形成された積層構造を有し、前記素子分離溝は前記導電層を分断するように形成されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 12】 成長基板上に第 1 成長層を形成する工程と、前記第 1 成長層に素子間分離用の素子分離溝を形成する工程と、前記素子分離溝が形成された前記第 1 成長層上に所要の開口部を有する成長阻害膜を形成する工程と、前記開口部からの選択成長により第 2 成長層を第

1 導電層、発光層、及び第 2 導電層が積層して形成されるように形成する工程とからなることを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 13】 前記第 2 成長層は角錐形状若しくは角錐の尖頭部を欠いた形状とされることを特徴とする請求項 12 記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 14】 前記角錐形状の第 2 成長層は前記成長基板の主面に対して傾斜する傾斜面を有したファセット構造を有することを特徴とする請求項 13 記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 15】 前記傾斜面は S 面、{11-22} 面及びこれら各面に実質的に等価な面の中から選ばれる面を有することを特徴とする請求項 14 記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 16】 前記第 1 成長層及び前記第 2 成長層はウルツ鉱型化合物半導体層であることを特徴とする請求項 12 記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 17】 前記ウルツ鉱型化合物半導体層は窒化ガリウム系化合物半導体層であることを特徴とする請求項 16 記載の半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は成長基板上に選択成長によって第 1 導電層、発光層、及び第 2 導電層を有する成長層が形成される半導体発光素子とその製造方法に関し、特に、窒化ガリウム系化合物半導体層の如きウルツ鉱型化合物半導体層を選択成長させて形成される半導体発光素子とその製造方法に関する。

【0002】

30 【従来の技術】 半導体発光素子として、これまでサファイア基板上に全面に低温バッファ層、Si をドーブした GaN からなる n 側コンタクト層を形成し、その上に Si をドーブした GaN からなる n 側クラッド層、Si をドーブした InGaN からなる活性層、Mg をドーブした AlGaIn からなる p 側クラッド層と、Mg をドーブした GaN よりなる p 側コンタクト層などを積層した素子が知られている。このような構造を有し市販されている製品として、450nm から 530nm を含む青色、緑色発光ダイオード (Light Emitting Diode) や半導体レーザーが量産されている。

40 【0003】 また、窒化ガリウムを成長させようとする場合、サファイア基板が使用されることが多く行われている。ところが、サファイア基板と成長させる窒化ガリウムの間の格子不整合から、結晶内に高密度の転位が内在することがある。このため基板上に低温バッファ層を形成する技術は、成長させる結晶に発生する欠陥を抑制するための 1 つの手段であり、また、結晶欠陥を低減する目的で特開平 10-312971 号公報では、横方向への選択結晶成長 (ELO: epitaxial lateral overgrowth) を組合わせている。さらに、特開平 10-312971 号公報に記載

される半導体発光素子の製造方法では、基板の主面に垂直に伸びる貫通転位が、製造途中で成長領域に形成されるファセット構造によって横方向に曲げられ、そのまま伸びることができなくなって結晶欠陥を減少させることが可能であることが記載されている。

【0004】一方、微細な領域に素子を形成する方法として選択成長によってピラミッド状にGa_{0.5}Nなどの窒化物系半導体を形成する方法が知られており、特に、選択成長により六角錐形状の窒化物系半導体からなる発光素子の形成方法としては、例えば“Spatial control of In GaN luminescence by MOCVD selective epitaxy” D.Kap 10 olnek et al., Journal of Crystal Growth 189/190(1998) 83-86に記載されるものがある。この文献に記載される選択成長では、微小な六角錐形状のGa_{0.5}N/InGa_{0.5}Nからなる窒化物系半導体発光素子を複数形成できる。このような微小な六角錐形状の発光素子では、自己形成したS面（{1-101}面）に活性層が形成され、結晶性の向上や取り出し効率が改善されることが知られている。

【0005】選択成長により六角錐形状の窒化物系半導体からなる発光素子を形成しようとする場合、発光層に電流を供給する目的で選択成長した層にp側電極とn側電極を形成する必要がある。選択成長時には、通常p側の導電層が後からn側の導電層上に形成されて積層されるため、n側とp側の双方の電極を形成するには、p側の導電層の一部をエッチングなどによって除去する必要がある。そこで、選択成長を図る場合の成長障害膜の下に位置する第1成長層にn型の導電性を持たせ、選択成長による成長層がその上に形成されていない成長障害膜の一部に窓明けを行って、n側コンタクトをとる方法が 30 採られている。

【0006】図7の(a)、(b)は、典型的な選択成長により形成される六角錐形状の半導体発光素子の例を示す図である。サファイア基板80上にはGa_{0.5}N層またはAl_{0.5}N層などからなる第1成長層81が形成され、その第1成長層81上にはシリコン酸化膜やシリコン窒化物からなる成長障害膜82が形成される。この成長障害膜82には開口部83が形成され、その開口部83からの選択成長によって第2成長層が形成され、この第2成長層にn型の第1導電層84、活性層85、及びp型の 40 第2導電層86が積層される。

【0007】第2成長層は六角錐形状の成長層であり、最外部の第2導電層86の上にはp側電極87が形成され、n側電極88は前述のように成長障害膜82の一部を開口した窓部89内に形成される。このようなn側電極88とp側電極87を形成した後、図7の(b)に示すように、発光素子の素子間分離が行われる。成長障害膜82の下に位置する第1成長層81は、n側電極88と導通するためにn型の不純物がドーパされており、その導電性の有る第1成長層81を素子毎に分断する必要 50

がある。素子の間は通常、エッチングにより素子分離溝90を形成することで分離され、素子分離溝90の底部ではサファイア基板80の主面が露出する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述の製造方法のように、六角錐形状やその他のピラミッド状若しくはその尖頭部を欠いた形状の成長層を選択成長で形成した場合に、素子をそれぞれ独立に駆動したり、素子単位で別の基板に転写したり実装したりする場合では、第1成長層81を素子毎に分離する必要がある。

【0009】ところが、選択成長によって成長する第2成長層は成長障害膜の開口部から六角錐形状やその他のピラミッド状などの形状に成長することから、たとえば第2成長層の頂点付近と成長障害膜82の表面では比較的に大きな高さの差が生ずる。特に成長障害膜82の表面部分は凹凸の凹部側となる。素子毎にエッチングで分離をする場合、その凹部側とされた領域に素子分離溝90を形成することになり、第2成長層の頂点部分からの高低差があるため、素子分離溝90を再現性良く形成することが容易ではなく、素子分離溝用マスクのマスクずれなどによっては素子分離ができない場合も発生する。

【0010】そこで本発明は、上述の技術的な課題に鑑み、再現性良く素子間の分離が可能な半導体発光素子とその製造方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するため、本発明の半導体発光素子は、成長基板上に第1成長層を形成し、前記第1成長層上に成長障害膜を形成し、前記成長障害膜に設けられた開口部からの選択成長により第2成長層が形成され、前記第2成長層に第1導電層、発光層、及び第2導電層が積層して形成される半導体発光素子において、前記成長基板上に形成される前記第1成長層には素子間分離用の素子分離溝が形成され、該素子分離溝の形成後に前記選択成長が行われることを特徴とする。

【0012】素子間分離用の素子分離溝を第1成長層に形成することで、第1成長層を電氣的に素子毎に分離することができ、その素子分離溝の形成を選択成長よりも前に行うことで、素子分離溝の形成時には、選択成長による成長層のピラミッド形状や角錐形状などが形成されておらず、基板上の凹凸小さくなることから、再現性良く素子分離溝を形成できる。

【0013】また、本発明の半導体発光素子の製造方法においては、成長基板上に第1成長層を形成する工程と、前記第1成長層に素子間分離用の素子分離溝を形成する工程と、前記素子分離溝が形成された前記第1成長層上に所要の開口部を有する成長障害膜を形成する工程と、前記開口部からの選択成長により第2成長層を第1導電層、発光層、及び第2導電層が積層して形成されるように形成する工程とからなることを特徴とする。

【0014】この製造方法によれば、選択成長が素子間分離用の素子分離溝の形成工程よりも後になり、素子分離溝の形成時には、選択成長による成長層が形成されておらず、再現性良く素子分離溝を形成できる。第1成長層上の成長阻害膜の形成は、素子分離溝の形成の後であり、素子分離溝の側壁にも成長阻害膜が形成され得る。その結果、基板上での成長阻害膜の表面積が増大し、選択成長の材料をより多く成長阻害膜の開口部に供給することも可能となる。

【0015】

【発明の実施の形態】〔第1の実施形態〕本実施形態の半導体発光素子及び半導体発光素子の製造方法は、ウルツ鉱型化合物半導体層である窒化ガリウム系化合物半導体層を選択成長で形成する素子及び製造方法であり、図1乃至図3に示す工程に従って製造される。

【0016】その製造工程について説明すると、先ず図1の(a)に示すように、成長基板11上に第1成長層12が形成される。成長基板11としては、次にウルツ鉱型の化合物半導体層を形成し得るものであれば特に限定されず、種々のものを使用できる。例示すると、基板として用いることができるのは、サファイア(Al_2O_3 、A面、R面、C面を含む。)、SiC(6H、4H、3Cを含む。)、Ga₂N、Si、ZnS、ZnO、AlN、LiMgO、LiGaO₂、GaAs、MgAl₂O₄、InAlGa₂Nなどからなる基板であり、好ましくはこれらの材料からなる六方晶系基板または立方晶系基板であり、より好ましくは六方晶系基板である。例えば、サファイア基板を用いる場合は、窒化ガリウム(GaN)系化合物半導体の材料を成長させる場合に多く利用されているC面を主面としたサファイア基板を用いることができる。この場合の基板主面としてのC面は、5乃至6度の範囲で傾いた面方位を含むものである。

【0017】この基板主面上に形成される第1成長層12としては、後の工程で六角錐のピラミッド構造を形成することからウルツ鉱型の化合物半導体であることが好ましい。さらに化合物半導体層としてはウルツ鉱型の結晶構造を有する窒化物半導体、BeMgZnCdS系化合物半導体、およびBeMgZnCdO系化合物半導体などが好ましい。

【0018】窒化物半導体からなる成長層としては、例えばIII族系化合物半導体を用いることができ、更には窒化ガリウム(GaN)系化合物半導体、窒化アルミニウム(AlN)系化合物半導体、窒化インジウム(InN)系化合物半導体、窒化インジウムガリウム(InGa₂N)系化合物半導体、窒化アルミニウムガリウム(AlGa₂N)系化合物半導体を好ましくは形成することができ、特に窒化ガリウム系化合物半導体や窒化アルミニウム系化合物半導体が好ましい。なお、本実施形態において、InGa₂N、AlGa₂N、Ga₂Nなどは必ず

しも、3元混晶のみ、2元混晶のみの窒化物半導体を指すのではなく、例えばInGa₂Nでは、InGa₂Nの作用を変化させない範囲での微量のAl、その他の不純物を含んでいても本発明の範囲であることはいうまでもない。また、S面に実質的に等価な面とは、S面に対して5乃至6度の範囲で傾いた面方位を含むものである。ここで本明細書中、窒化物とはB、Al、Ga、In、TaをIII族とし、V族にNを含む化合物を指し、全体の1%以内若しくは $1 \times 10^{-2} \text{ cm}^3$ 以下の不純物の混入を含む場合もある。

【0019】この第1成長層の成長方法としては、種々の気相成長法を挙げることができ、例えば有機金属化合物気相成長法(MOCVD(MOVPE)法)や分子線エビタキシー法(MBE法)などの気相成長法や、ハイドライド気相成長法(HVPE法)を用いることができる。その中でもMOVPE法によると、迅速に結晶性の良いものが得られる。MOVPE法では、GaソースとしてTMG(トリメチルガリウム)、TEG(トリエチルガリウム)、AlソースとしてはTMA(トリメチルアルミニウム)、TEA(トリエチルアルミニウム)、InソースとしてはTMI(トリメチルインジウム)、TEI(トリエチルインジウム)などのアルキル金属化合物が多く使用され、窒素源としてはアンモニア、ヒドラジンなどのガスが使用される。また、不純物ソースとしてはSiであればシランガス、Geであればゲルマンガス、MgであればCp2Mg(シクロペンタジエニルマグネシウム)、ZnであればDEZ(ジエチルジシラン)などのガスが使用される。MOVPE法では、これらのガスを例えば600℃以上に加熱された基板の表面に供給して、ガスを分解することにより、InAlGa₂N系化合物半導体をエビタキシャル成長させることができる。第1成長層12はn側電極に接続するための導電層として機能することから、シリコンなどの不純物がドーブされる。また、図示を省略しているが、第1成長層12の底部側には所要のパッファ層を形成しても良い。

【0020】次に図1の(b)に示すように、反応性イオンエッチング(RIE)などのエッチングにより素子分離溝13を形成し、第1成長層12を素子毎の領域に分離する。この素子分離溝13の深さは、その底部に第1成長層12の下部に位置する成長基板11の主面が臨む程度である。この素子分離溝13は、略平坦な第1成長層12の表面に対してフォトリソグラフィ技術によって形成される。従って、未だ選択成長によってピラミッド構造などの第2成長層が形成されていない略平坦な面を加工することから、マスク形成なども比較的容易であり、精度良く素子分離溝13が形成されることになる。

【0021】第1成長層12を素子毎に分離するように素子分離溝13を形成した後、図1の(c)に示すよう

に、全面にシリコン酸化膜やシリコン窒化膜などからなる成長阻害膜14を形成する。この成長阻害膜14はマスク層として用いられる膜であり、スパッタ法若しくはその他の方法によって第1成長層12の表面に形成される。第1成長層12には既に素子分離溝13が形成されているため、その素子分離溝13の底部や側壁にも成長阻害膜14が形成され、第1成長層12は概ねその全体が成長阻害膜14に覆われる。

【0022】成長阻害膜14を全面に形成した後、図2の(d)に示すように、マスクとして機能する成長阻害膜14の一部が除去されて開口部14aが形成される。この開口部14aの形状は、基板主面に対して傾斜した傾斜面を有するファセット構造にし得る形状であれば特に限定されるものではなく、一例としてストライプ状、矩形状、円形状、楕円状、三角形状、又は六角形状などの多角形状とされる。成長阻害膜14の下部の第1成長層12は開口部14aの形状を反映してその表面が露出する。

【0023】このような所定の形状の開口部14aが形成された後、選択成長によって第2成長層が形成される。図2の(e)に示すように、選択成長による第2成長層として、第1導電層15、活性層16、及び第2導電層17が積層される。第1導電層15は第1成長層と同様に、ウルツ鉱型の化合物半導体層であって、たとえばシリコンドープのGa_{0.5}N_{0.5}の如き材料から形成される。この第1導電層15はn型クラッド層として機能する。この第1導電層15は、成長基板11がサファイア基板とされ、その主面がC面である場合には、選択成長によって断面略三角形形状の六角錐形状に形成される。活性層16は、当該発光素子の光を生成するための層であり、例えばInGa_{0.5}N層やInGa_{0.5}N層をAlGa_{0.5}N層で挟む構造の層からなる。この活性層16は、第1導電層15の傾斜面からなるファセットに沿って延在され、発光するのに好適な膜厚を有する。第2導電層16は、ウルツ鉱型の化合物半導体層であって、たとえばマグネシウムドープのGa_{0.5}N_{0.5}の如き材料から形成される。この第2導電層17はp型クラッド層として機能する。この第2導電層17も第1導電層15の傾斜面からなるファセットに沿って延在され、発光するのに好適な膜厚を有する。選択成長によって形成される六角錐形状の傾斜面は例えばS面、{11-22}面及びこれら各面に実質的に等価な面の中から選ばれる面とされる。

【0024】図2の(e)に示すように、前述のように成長基板11がサファイア基板とされ、その主面がC面である場合には、第1導電層15は選択成長によって断面略三角形形状の六角錐形状に形成され、その六角錐形状の縁部は開口部14aの縁から横方向に成長したものである。また、この選択成長時においては、特に素子分離溝13の底部及び側壁にも成長阻害膜14が形成されていることから、成長阻害膜14の表面積は素子分離溝1

3を形成しない工程のものに比べて大きくなっている。従って、開口部14aの底部へのGaやInのような原料ガスの供給量が増えることになり、第1導電層15、活性層16、及び第2導電層17を容易に積層できることになる。さらに、基板上で成長を阻害する領域が増加するため、発光波長の長波長化が可能である。

【0025】第2導電層17を選択成長によって形成したところで、図2の(f)に示すように、断面略三角形形状の六角錐形状からなる第2成長層の側部の成長阻害膜14の一部を開口して開口部18を形成する。この成長阻害膜14の開口は、その開口部18内で導電層である第1成長層12の表面を露出させるためのものであり、フォトリソグラフィを用いたマスクとエッチングを組み合わせて、各素子内の領域で成長阻害膜14を一部除去することで形成される。

【0026】成長阻害膜14の一部を開口して開口部18を形成した後、図3の(g)に示すように、開口部18の部分にn側電極19が形成され、六角錐形状の第2成長層の最外部にある第2導電層17の表面にp側電極20が形成される。n側電極19は、一例として、Ti/A1/Pt/Au電極構造であり、蒸着法などによって形成される。また、p側電極20は、一例として、Ni/Pt/Au電極構造またはNi(Pd)/Pt/Au電極構造を有し、蒸着法などによって形成される。

【0027】このようなn側電極19及びp側電極20を形成した後、図3の(h)に示すように、成長基板11の裏面側から紫外線照射となるエキシマレーザのレーザービームを照射して、レーザーアブレーションを生じさせ、成長基板11上の成長層を素子毎に分離する。Ga_{0.5}N系半導体層はサファイアとの界面で金属のGaと窒素に分解することから、成長基板11をサファイア基板とし、第1成長層12をGa_{0.5}N系半導体層とすることで、成長基板11と第1成長層12の界面で比較的簡単に剥離できる。既に第1成長層12は素子分離溝13によって分離されていることから、成長基板11と第1成長層12の界面での剥離は素子毎の分離となる。なお、照射するレーザーとしてはエキシマレーザ、高調波YAGレーザなどが用いられる。

【0028】素子毎に分離された半導体発光素子は、転写法などによって信号処理装置、画像表示装置、照明装置やその他の発光素子を用いる装置の所要の位置に実装される。なお、上述の工程では、選択成長によって形成される第2成長層を例えば断面略三角形形状の六角錐形状としているが、他の角錐形状や角錐の尖頭部を欠いた構造などであっても良く、ストライプ状の第2成長層を形成する構造であっても良い。また、上述の実施形態では半導体発光素子として発光ダイオード素子の例を説明したが、半導体レーザー素子であっても良い。

【0029】本実施形態の半導体発光素子によれば、素子分離溝13は第1成長層12の略平坦な表面に対して

フォトリソグラフィー技術によって形成されるため、マスク形成なども比較的容易であり、精度良く素子分離溝13が形成されることになり、また微細な素子分離溝も容易に形成できる。また、選択成長時には、特に素子分離溝13の底部及び側壁にも成長阻害膜14が形成されていることから、成長阻害膜14の表面積は素子分離溝13を形成しない工程のものに比べて大きく、開口部14aの底部への原料ガスの供給量が増えることから、第2成長層を容易に積層できることになる。さらに、基板上で成長を阻害する領域が増加するため、発光波長の長波長化が可能である。

【0030】〔第2の実施形態〕本実施形態の半導体発光素子及び半導体発光素子の製造方法は、ウルツ鉱型化合物半導体層である窒化ガリウム系化合物半導体層を選択成長で形成する素子及び製造方法であり、特に半絶縁層を成長基板上に形成して成長基板上で各素子を独立して駆動する例である。本実施形態を図4を参照しながらその工程に従って説明する。

【0031】まず、図4の(a)に示すように、成長基板31上に半絶縁層32が形成され、その半絶縁層32の上に第1成長層33が形成される。成長基板31としては、次にウルツ鉱型の化合物半導体層を形成し得るものであれば特に限定されず、前述の第1の実施形態における成長基板11と同様に、種々のものを使用できる。半絶縁層32は、例えばノンドープのGa_{0.5}N_{0.5}層やAlN層であり、その上に第1成長層33が形成される。第1成長層33は後の工程で六角錐のピラミッド構造を形成することからウルツ鉱型の化合物半導体であることが好ましく、例えば、シリコンドープのGa_{0.5}N_{0.5}層からなる。

【0032】このような層構造の状態から、分離溝34を半絶縁層32に至る深さに形成する。この分離溝34は、第1の実施形態の素子分離溝と同様に、第1成長層33を素子毎の領域に分離するための溝であり、例えば反応性イオンエッチング(RIE)などのエッチングにより形成される。この分離溝34は、略平坦な第1成長層の表面に対してフォトリソグラフィー技術によって形成されるため、マスク形成なども比較的容易であり、再現性良く分離溝34が形成されることになる。

【0033】次に、図4の(b)に示すように、シリコン酸化膜やシリコン窒化膜などからなる成長阻害膜35が分離溝34の底面及び側壁を含む全面に形成される。成長阻害膜35はマスク層として用いられる膜であり、スパッタ法若しくはその他の方法によって第1成長層33の表面に形成される。

【0034】成長阻害膜35を全面に形成した後、図4の(c)に示すように、マスクとして機能する成長阻害膜35の一部が除去されて所定の形状の開口部が形成される。開口部が形成された後、選択成長によって第2成長層が形成される。選択成長による第2成長層として、第1導電層36、活性層37、及び第2導電層38が積

層される。第1の実施形態と同様に、第1導電層36はn型クラッド層として機能し、第1成長層と同様に、たとえばシリコンドープのGa_{0.5}N_{0.5}の如き材料から形成される。この第1導電層36は、成長基板31がサファイア基板とされ、その主面がC面である場合には、選択成長によって断面略三角形の六角錐形状に形成される。活性層37は、当該発光素子の光を生成するための層であり、例えばInGa_{0.5}N_{0.5}層やInGa_{0.5}N_{0.5}層をAlGa_{0.5}N_{0.5}層で挟む構造の層からなる。第2導電層38は、p型クラッド層として機能し、たとえばマグネシウムドープのGa_{0.5}N_{0.5}の如き材料から形成される。活性層37及び第2導電層38は第1導電層36の傾斜面からなるファセットに沿って延在される。なお、選択成長によって形成される六角錐形状の傾斜面は例えばS面、{11-22}面及びこれら各面に実質的に等価な面の中から選ばれる面とされる。

【0035】さらに成長阻害膜35の一部を開口した後、その開口部の部分にn側電極39が形成され、六角錐形状の第2成長層の最外部にある第2導電層の表面にp側電極40が形成される。n側電極39は、一例として、Ti/Al/Pt/Au電極構造であり、蒸着法などによって形成される。また、p側電極40は、一例として、Ni/Pt/Au電極構造またはNi(Pd)/Pt/Au電極構造を有し、蒸着法などによって形成される。

【0036】このような構造の本実施形態の半導体発光素子では、素子の形成後は成長基板31がそのまま装置の基板として使用される。すなわち、半絶縁層32の存在から、素子分離のための分離溝34は半絶縁層32まで良く、素子分離の状態ですべての半導体発光素子を独立して駆動することが可能である。また、第1の実施形態の半導体発光素子と同様に、分離溝34は第1成長層33の略平坦な表面に対してフォトリソグラフィー技術によって形成されるため、マスク形成なども比較的容易であり、分離溝13が再現性良く且つ微細に形成できる。選択成長時には、特に分離溝34の底部及び側壁にも成長阻害膜35が形成されていることから、成長阻害膜35の表面積は分離溝を形成しない工程のものに比べて大きく、開口部の底部への原料ガスの供給量が増えることで第2成長層を容易に積層できることになる。さらに、基板上で成長を阻害する領域が増加するため、発光波長の長波長化に有利である。

【0037】〔第3の実施形態〕本実施形態の半導体発光素子及び半導体発光素子の製造方法は、ウルツ鉱型化合物半導体層である窒化ガリウム系化合物半導体層を選択成長で形成する素子及び製造方法であり、特にn側電極が第2成長層の中央部から取り出される例である。本実施形態を図5及び図6を参照しながらその工程に従って説明する。

【0038】まず、図5の(a)に示すように、成長基板51上に第1成長層52が形成される。成長基板51

としては、次にウルツ鉾型の化合物半導体層を形成し得るものであれば特に限定されず、前述の第1の実施形態における成長基板11と同様に、種々のものを使用できる。第1成長層52は後の工程で六角錐のピラミッド構造を形成することからウルツ鉾型の化合物半導体であることが好ましい。

【0039】このような層構造の状態から、図5の(b)に示すように、素子分離溝53を第1成長層52の下部の成長基板51に至る深さに形成する。この素子分離溝53は、第1の実施形態の素子分離溝と同様に、第1成長層52を素子毎の領域に分離するための溝であり、例えば反応性イオンエッチング(RIE)などのエッチングにより形成される。この素子分離溝53は、略平坦な第1成長層の表面に対してフォトリソグラフィ技術によって形成されるため、マスク形成なども比較的容易であり、再現性良く素子分離溝53が形成されることになる。

【0040】次に、図5の(c)に示すように、シリコン酸化膜やシリコン窒化膜などからなる成長阻害膜54が素子分離溝54の底部及び側壁を含む全面に形成される。成長阻害膜54はマスク層として用いられる膜であり、スパッタ法若しくはその他の方法によって第1成長層52の表面に形成される。

【0041】成長阻害膜54を全面に形成した後、図6の(d)に示すように、マスクとして機能する成長阻害膜54の一部が除去されて所定の形状の開口部が形成される。開口部が形成された後、選択成長によって第2成長層が形成される。選択成長による第2成長層として、第1導電層55、活性層56、及び第2導電層57が積層される。第1の実施形態と同様に、第1導電層55はn型クラッド層として機能し、たとえばシリコンドープのGa_{0.5}Nの如き材料から形成される。この第1導電層55は、成長基板51がサファイア基板とされ、その主面がC面である場合には、選択成長によって断面略三角形の六角錐形状に形成される。活性層56は、当該発光素子の光を生成するための層であり、例えばInGa_{0.5}N層やInGa_{0.5}N層をAlGa_{0.5}N層で挟む構造の層からなる。第2導電層57は、p型クラッド層として機能し、たとえばマグネシウムドープのGa_{0.5}Nの如き材料から形成される。活性層56及び第2導電層57は第1導電層55の傾斜面からなるファセットに沿って延在される。なお、選択成長によって形成される六角錐形状の傾斜面は例えばS面、{11-22}面及びこれら各面に実質的に等価な面の中から選ばれた面とされる。

【0042】次に、図6の(e)に示すように、第1導電層55、活性層56、及び第2導電層57の中央部が開口され開口部58が形成される。この開口部58の内部では第1導電層55の一部が露出する。選択成長によって形成される六角錐形状の中央部は一般に結晶性が悪く発光に好適でないことから、この部分を除去すること

で発光特性の向上が期待できる。

【0043】このような開口部58を形成した後、図6の(f)に示すように、その開口部58の内側にn側電極59が形成され、六角錐形状の第2成長層の最外部にある第2導電層の表面にp側電極60が形成される。n側電極59は、一例として、Ti/Al/Pt/Au電極構造であり、蒸着法などによって形成される。また、p側電極60は、一例として、Ni/Pt/Au電極構造またはNi(Pd)/Pt/Au電極構造を有し、蒸着法などによって形成される。

【0044】本実施形態の半導体発光素子のように、第1成長層をn側電極の接続に利用しない構造であっても、素子分離溝53が第1成長層52の略平坦な表面に対して形成されるため、マスク形成なども比較的容易であり、素子分離溝53が再現性良く且つ微細に形成できる。選択成長時には、特に分離溝53の底部及び側壁にも成長阻害膜54が形成されていることから、成長阻害膜54の表面積は分離溝を形成しない工程のものに比べて大きく、開口部の底部への原料ガスの供給量が増えることで第2成長層を容易に積層できることになる。さらに、基板上で成長を阻害する領域が増加するため、発光波長の長波長化に有利である。また、本実施形態においては、六角錐形状の一般に結晶性が悪い中央部が除去されるため、発光特性の向上が期待できる。

【0045】

【発明の効果】本発明の半導体発光素子とその製造方法によれば、素子分離溝は第1成長層の略平坦な表面に対してフォトリソグラフィ技術によって形成されるため、マスク形成なども比較的容易であり、素子分離溝が再現性良く形成される。また微細な素子分離溝も容易に形成できる。また、選択成長時には、特に素子分離溝の底部及び側壁にも成長阻害膜が形成されていることから、成長阻害膜の表面積は素子分離溝を形成しない工程のものに比べて大きく、開口部の底部への原料ガスの供給量が増えることから、第2成長層を容易に積層できることになる。さらに、基板上で成長を阻害する領域が増加するため、発光波長の長波長化が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体発光素子とその製造方法の第1の実施形態を示す工程断面図であり、(a)は第1成長層の形成工程を示す工程断面図、(b)は素子分離溝の形成工程を示す工程断面図、(c)は成長阻害膜の形成工程を示す工程断面図である。

【図2】本発明の半導体発光素子とその製造方法の第1の実施形態を示す工程断面図であり、(d)は成長阻害膜の開口部の形成工程を示す工程断面図、(e)は第2成長層の形成工程を示す工程断面図、(f)は電極用の開口部の形成工程を示す工程断面図である。

【図3】本発明の半導体発光素子とその製造方法の第1の実施形態を示す工程断面図であり、(g)は電極の形成工程を示す工程断面図、(h)はアブレーションによ

る素子分離工程を示す工程断面図である。

【図4】本発明の半導体発光素子とその製造方法の第2の実施形態を示す工程断面図であり、(a)は分離溝の形成工程を示す工程断面図、(e)は成長障害膜の形成工程を示す工程断面図、(f)は発光素子用の電極形成までの工程を示す工程断面図である。

【図5】本発明の半導体発光素子とその製造方法の第3の実施形態を示す工程断面図であり、(a)は第1成長層の形成工程を示す工程断面図、(b)は素子分離溝の形成工程を示す工程断面図、(c)は成長障害膜の形成工程を示す工程断面図である。

【図6】本発明の半導体発光素子とその製造方法の第3の実施形態を示す工程断面図であり、(d)は第2成長層の形成工程を示す工程断面図、(e)は開口部の形成工程を示す工程断面図、(f)は電極の形成工程を示す工程断面図である。

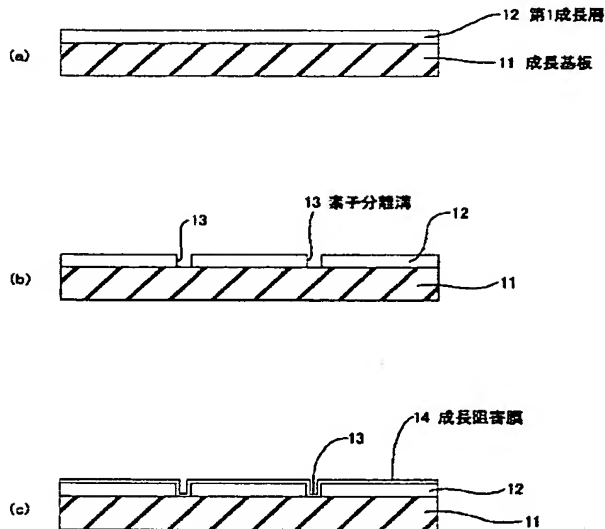
【図7】従来の半導体発光素子の製造方法の一例を示す図であり、(a)は電極形成までの工程断面図であり、(b)は素子分離溝の形成工程を示す工程断面図である。

【符号の説明】

- 11 成長基板
- 12 第1成長層
- 13 素子分離溝
- 14 成長障害膜

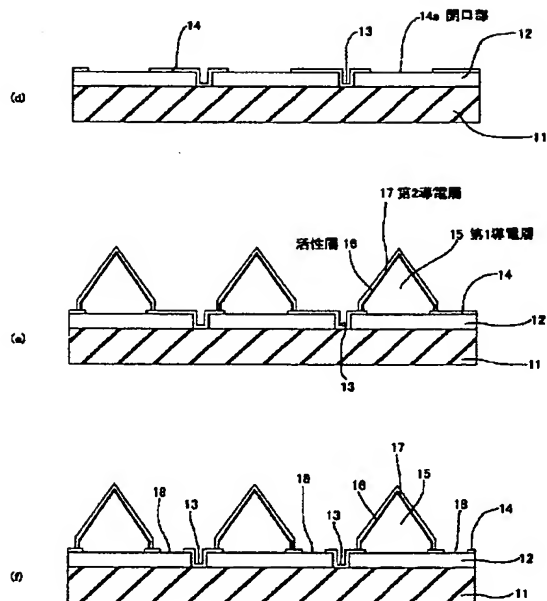
*

【図1】

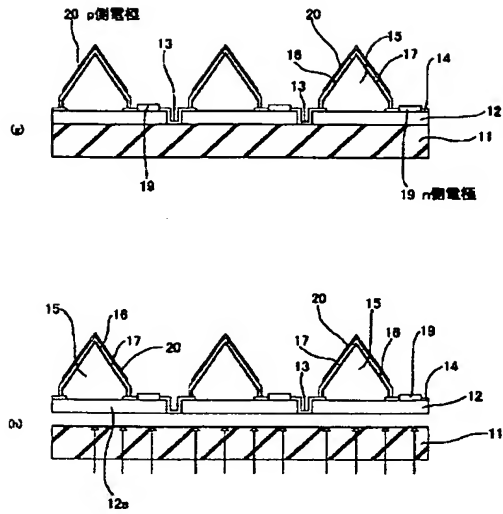


- * 15 第1導電層
- 16 活性層
- 17 第2導電層
- 19 n側電極
- 20 p側電極
- 31 成長基板
- 32 半絶縁層
- 33 第1成長層
- 34 分離溝
- 35 成長障害膜
- 36 第1導電層
- 37 活性層
- 38 第2導電層
- 39 n側電極
- 40 p側電極
- 51 成長基板
- 52 第1成長層
- 53 素子分離溝
- 54 成長障害膜
- 55 第1導電層
- 56 活性層
- 57 第2導電層
- 59 n側電極
- 60 p側電極

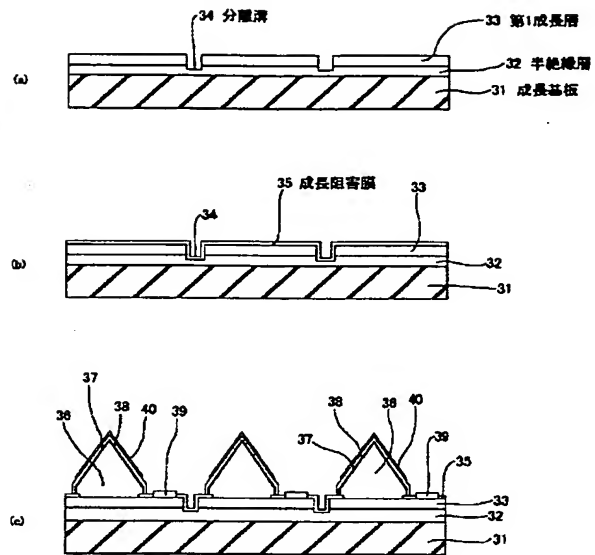
【図2】



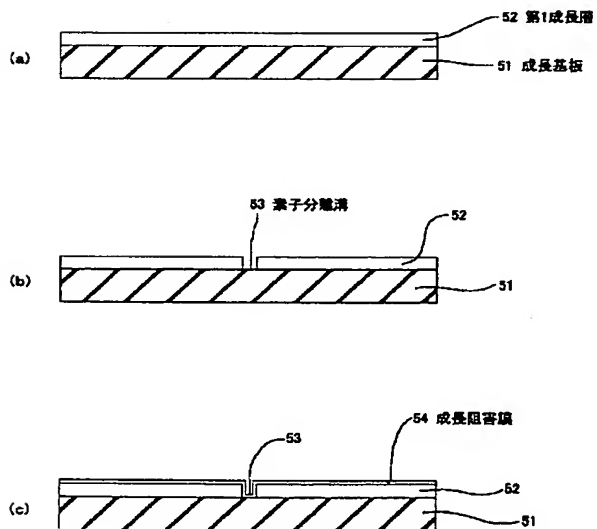
【図3】



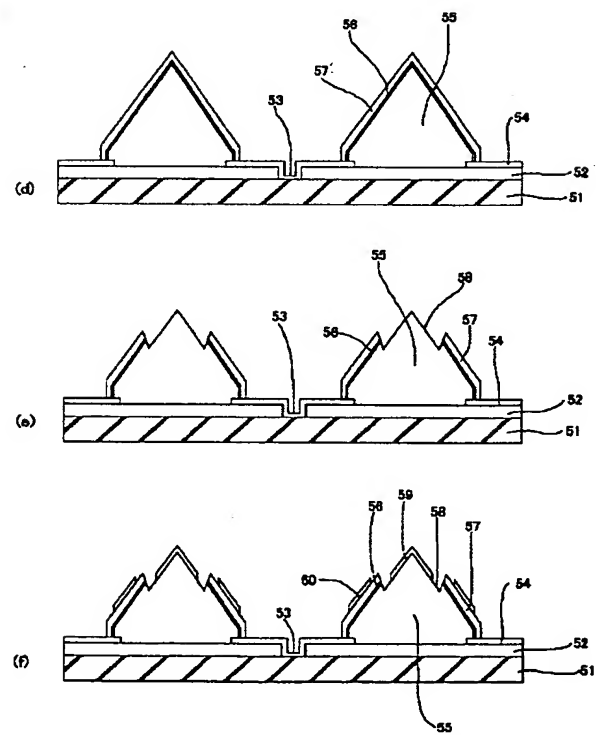
【図4】



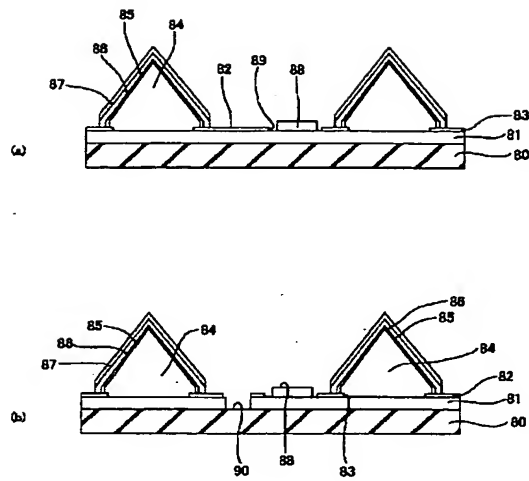
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 琵琶 剛志
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
 ー株式会社内
 (72)発明者 大畑 豊治
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
 ー株式会社内

F ターム(参考) 4K030 AA11 AA13 BA38 CA05 FA10
 LA14
 5F032 AC02 CA05 CA09 CA10 CA15
 DA23 DA25
 5F041 AA41 CA04 CA40 CA46 CA65
 CA75 CA77
 5F045 AA04 AB14 AB17 AC08 AC09
 AF09 BB12 CA09 DA53 DA67
 DB02 DB04